



УДК 637.51.037

## К РАЗРАБОТКЕ НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ РЕЖИМОВ ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ МЯСА РАЗЛИЧНЫХ КАЧЕСТВЕННЫХ ГРУПП ПРИ СУБКРИОСКОПИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

**Дибирасулаев М.А.**, заведующий лабораторией холодильной технологии продуктов животного происхождения, д-р техн. наук

**Белозеров Г.А.**, главный научный сотрудник, член-корр. РАН, д-р техн. наук

**Архипов Л.О.**, младший научный сотрудник

**Дибирасулаев Д.М.**, научный сотрудник, канд. техн. наук

**Донецких А.Г.**, научный сотрудник

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности» (ФГБНУ ВНИХИ)

**Аннотация:** Применение в промышленности технологии суперохлаждения обеспечит сохранность качества мяса и мясopодуKтов, уменьшение потерь массы и снижение энергозатрат по сравнению с традиционной технологией хранения продукции в замороженном виде. На основании проведенных исследований обоснована целесообразность дифференцирования температурных режимов хранения мяса КРС различных качественных групп при субкриоскопических температурах. Установлено, что для обеспечения одинакового содержания вымороженной воды (50%) температура хранения подмороженного NOR мяса в зависимости от его криоскопической температуры должна быть на 0,7–1,3 °C ниже, чем DFD мяса.

**Abstract:** The use of supercooling technology in the industry will ensure the safety of meat and meat products quality, reducing the loss of weight and decreasing power consumption compared to the traditional production technology of frozen storage. Based on the study there has been founded the expediency of differentiation of temperature modes of different qualitative groups of KPC meat storage at subcryoscopic temperatures. It has been found that for the same content of frozen water (50%) storage temperature for frostbitten NOR meat according to its cryoscopic temperature must be 0,7–1,3 °C down the DFD meat temperature.

**Ключевые слова:** NOR и DFD говядина, криоскопическая температура, субкриоскопическая температура хранения, подмораживание, pH, количество вымороженной воды.

**Key Words:** NOR and DFD beef, cryoscopic temperature, subcryoscopic storage temperature, frostbitting, pH, frozen water volume.

### Введение

Одним из путей обеспечения безопасности, сохранения качества и увеличения срока хранения мяса при минимальной технологической переработке сырья является применение технологии суперохлаждения с последующим хранением при субкриоскопических температурах.

Суперохлаждение представляет собой процесс холодильной обработки, обеспечивающий понижение температуры мяса на 1–2 °C ниже криоскопической температуры с частичным льдообразованием [1–3].

Исследованиями Н.А. Головкина и его школы показано, что переохлаждение не задерживает в достаточной степени развития ферментативных и микробиологических процессов и не обеспечивает сохранения качества продуктов в течение длительного времени. Для увеличения срока хранения продуктов жи-

вотного происхождения авторы рекомендуют их подмораживать и хранить при субкриоскопической температуре (минус 2 – минус 3 °C) [4].

Основным параметром, определяющим качество суперохлажденного продукта, является степень перехода воды в лед. Как правило, содержание от 5 до 30% льда в продукте не приводит к заметному снижению качества продукта, но позволяет увеличить срок хранения. Содержание льда в продукте более 30% приводит к большой потере сока. Ряд авторов отмечает синергетический эффект между частичным переходом воды в лед и применением упаковки в модифицированной атмосфере, вакуумной упаковки, использованием пищевых покрытий и криопротекторов [2, 5].

В работах ряда исследователей [1, 2, 5] показана значимость определения размеров и локализации кристаллов

льда, содержащихся в продукте, и необходимость уменьшения колебаний температуры в процессе хранения. Небольшие изменения температуры в области субкриоскопических температур могут привести к плавлению и рекристаллизации значительного количества льда внутри продукта и увеличению потери сока. Однако вопрос зависимости количества вымороженной воды от качественных групп мяса недостаточно исследован.

Недавними исследованиями М. Фараука и др. [6] установлена зависимость криоскопической температуры от активной кислотности мяса (pH). По данным исследователей, криоскопическая температура для говядины понижается от минус 0,9 до минус 1,5 °C ( $\Delta=0,6^\circ\text{C}$ ) с ростом уровня pH от 5,4 до 7,0 ( $r=0,73$ ,  $P<0,01$ ).

Целью настоящей работы является определение зависимости количества



вымороженной воды от качественных групп мяса КРС (NOR, DFD)<sup>1</sup> в области субкриоскопических температур.

### Материалы и методика

Объектом исследования являлось мясо КРС первой категории (бычки полутора лет, мышцы Longissimus Dorsis массой 0,7–1,0 кг) двух качественных групп — NOR и DFD (рис. 1). Сортировку мяса КРС по качественным группам проводили по значениям активной кислотности среды (pH) и криоскопической температуры.

При проведении исследований определяли значения параметров процессов охлаждения, хранения и показателей качества говядины с использованием современных приборов и методов исследований:

- температуру, влажность воздуха и температуру мяса — с применением электронных самописцев, предназначенных для измерения, регистрации и хранения данных с последующей их передачей на компьютер и выводом в виде графиков температуры и влажности [7, 8];
- величину pH мяса (активную кислотность среды) — комбинированным pH-метром 205 фирмы Testo для непосредственного измерения величины активной кислотности в мышечной ткани (диапазон измерения активной

кислотности среды — от 0 до 14 ед. с погрешностью  $\pm 0,01$  ед);

- криоскопическую температуру — по методике, описанной С. Джеймсом и др. [9], с определением температуры стабилизации на кривой замораживания с применением прецизионного измерителя температуры при температуре воздуха минус  $20 \pm 1,0^\circ\text{C}$ . Предел допускаемой основной погрешности прибора —  $\pm(0,015 + 10^{-5}T)$ , где  $T$  — это фактическая температура, измеряемая прибором в диапазоне от минус 50 до  $300^\circ\text{C}$ .

### Результаты исследований

В результате исследований выявлена зависимость криоскопической температуры от pH мяса (рис. 2). Установлено, что максимальная разница в значениях криоскопических температур для 20 образцов мяса составляет  $0,35^\circ\text{C}$ .

Экспериментальные исследования по охлаждению и хранению мяса проводили в климатической камере, обеспечивающей поддержание заданных температур (рис. 3а и 3б) со значениями стандартного отклонения  $S = \pm 0,14^\circ\text{C}$  и  $S = \pm 0,15^\circ\text{C}$ .

Для обоснования метода расчета количества вымороженной воды при субкриоскопической температуре хранения мяса различных качественных групп была проведена сравнительная оценка экспериментальных и расчет-

ных методов определения доли вымороженной воды, принятых в России применительно к мясу крупного рогатого скота (рис. 4) [7, 8].

Количество вымороженной воды, соответствующее экспериментальным данным Л. Риделя, принятым в рекомендациях Международного института холода (МИХ) по производству и хранению замороженных пищевых продуктов, наиболее точно описываются теоретической зависимостью, предложенной Д. Рютовым [10–11]:

$$\omega = \left[ 1 - b \frac{1-w}{w} \right] \left[ 1 - \frac{t_{кр}}{t} \right], \quad (1)$$

где

$\omega$  — доля вымороженной воды в продукте;

$w$  — общее содержание воды в продукте (г на 1 г продукта);

$b$  — содержание связанной воды в продукте (г на 1 г сухих веществ);

$t_{кр}$  — криоскопическая температура продукта,  $^\circ\text{C}$ .

Обработка значений (рис. 5) доли вымороженной воды, определенных при температуре минус 5, минус 10, минус 15, минус 20 и минус  $30^\circ\text{C}$  для восьми видов продуктов (говядина, пикша, треска, морской окунь, яичный белок, дрожжи, зеленый горошек, шпинат), полученных экспериментально Л. Риделем и расчетным путем по формуле Д. Рютова, показывает [10, 11], что из 40 значений 33 совпадают, а лишь 7 отличаются на 1%.

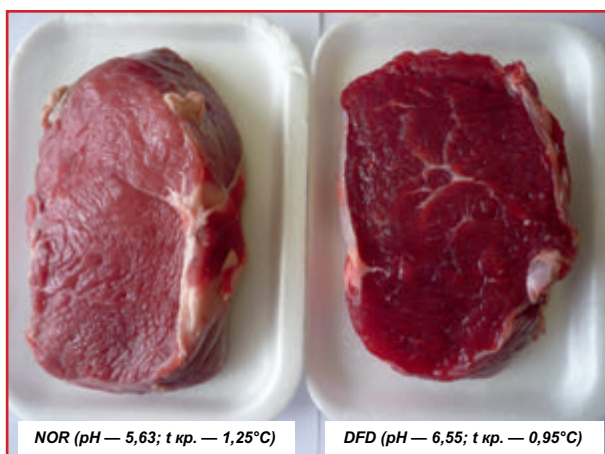


Рис. 1. Образцы бескостного мяса различных качественных групп (NOR, DFD)

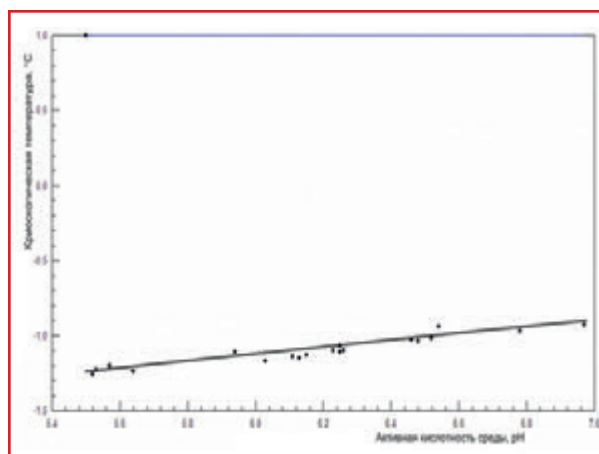


Рис. 2. Зависимость криоскопической температуры от pH мяса

<sup>1</sup>NOR — нормальное мясо, DFD — темное, жесткое, сухое.

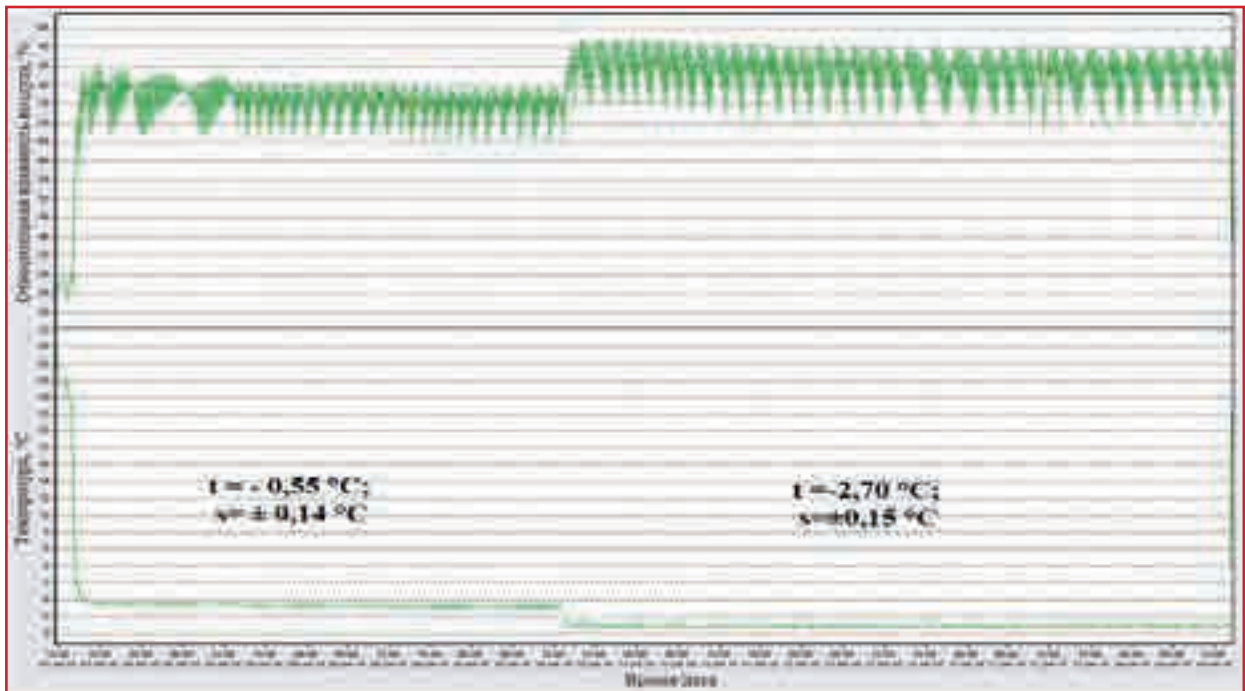


Рис. 3а. Термограммa режимов хранения мяса в экспериментальной камере LGR-K182FR

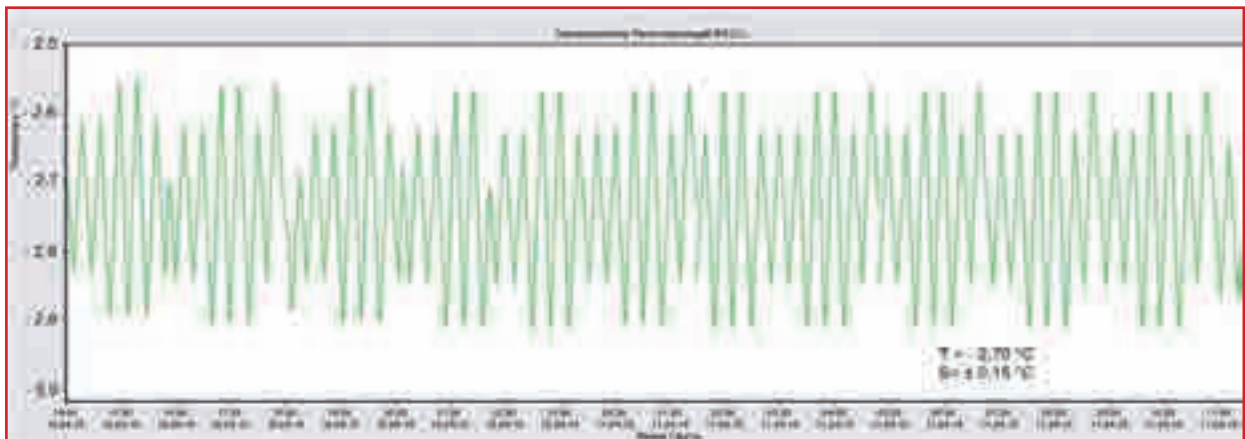


Рис. 3б. Термограммa субкриоскопического режима хранения мяса в экспериментальной камере LGR-K182FR

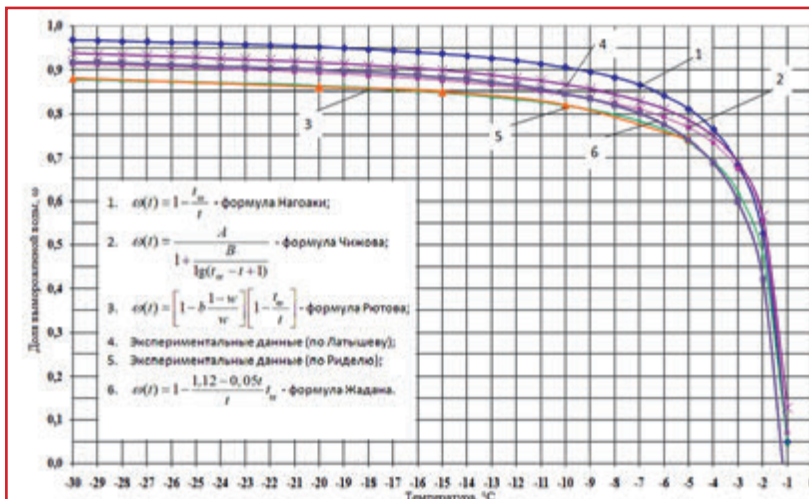


Рис. 4. Сравнительные расчетные и опытные данные по количеству вымороженной воды в мясе говядины

С учетом этого обстоятельства для определения количества вымороженной воды при субкриоскопических температурах использовали зависимость Д. Рютова.

Полученные по формуле Д. Рютова данные по определению доли вымороженной воды при субкриоскопических температурах применительно к различным качественным группам мяса при разности криоскопических температур 0,3°С (от минус 0,95 до минус 1,25°С) и применительно к минимальной ткр., по данным *M. Farouk* [6], приведены на *рисунке б*.

Анализ данных *рисунка б* показывает, что при разнице значений криоскопической температуры 0,3 и 0,55°С

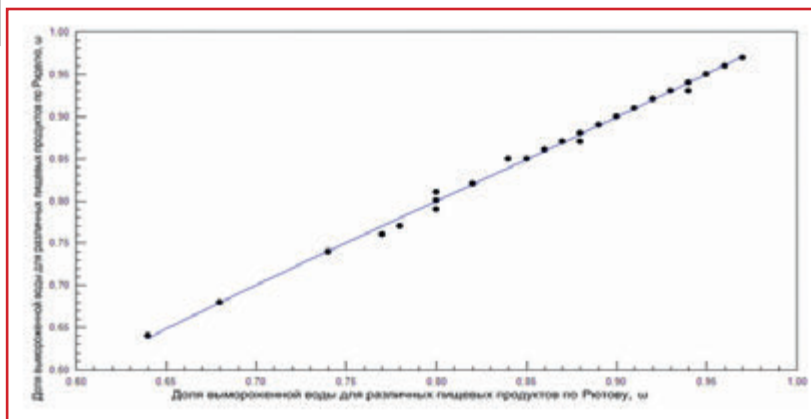


Рис. 5. Экспериментальные (точки) и расчетные (линия) данные доли вымороженной воды

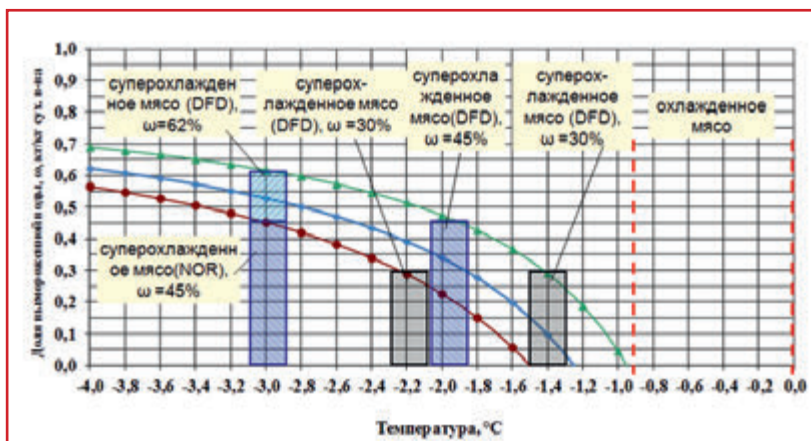


Рис. 6. Содержание льда в мясе КРС в зависимости от качественных групп и криоскопической температуры ( $t_{кр} = -0,95^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{кр} = -1,25^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{кр} = -1,5^{\circ}\text{C}$ )

для различных качественных групп подмороженного мяса содержание льда при температуре минус  $2,0^{\circ}\text{C}$  в DFD мясе соответственно на 13,0 и 25,0% больше, чем в NOR мясе.

Для обеспечения одинакового, 50%-ого количества вымороженной воды температура хранения для NOR мяса в зависимости от его криоскопической температуры должна быть на  $0,7-1,3^{\circ}\text{C}$  ниже, чем для DFD мяса.

Предложенная методология исследований может быть использована для научного обоснования температурных режимов холодильной обработки и хранения мяса птицы при субкриоскопических температурах.

## Выводы

1. На основании полученных данных обоснована целесообразность дифференцирования температурных режимов хранения мяса КРС различных качественных групп при субкриоскопических температурах.

2. Установлено, что при разнице криоскопической температуры  $0,3$  и  $0,55^{\circ}\text{C}$  для различных качественных групп мяса содержание льда при температуре минус  $2,0^{\circ}\text{C}$  в DFD мясе на 13,0% и 25,0% больше, чем в NOR мясе, а для обеспечения одинакового количества вымороженной воды (50%) температура хранения для NOR мяса должна быть на  $0,7-1,3^{\circ}\text{C}$  ниже, чем для DFD мяса.

3. Можно ожидать, что применение в промышленности технологии суперохлаждения обеспечит сохранение качества мяса и мясопродуктов, снижение потерь их массы и энергозатрат.

## Литература

1. Stonehouse G.G. The use of supercooling for fresh foods: A review / G.G. Stonehouse, J.A. Evans // J. of Food Engineering. — 2015. — Vol. 148. — P. 74–79.
2. Chun-hua W.U. A Critical Review on Superchilling Preservation Technology in

Aquatic Product / W.U. Chun-hua, Y. Uan Chun-hong [et al.] // J. of Integrative Agriculture. — 2014. — 13 (12). — P. 2788–2806.

3. Haugland E.J. Aune and A.K.T. Hemmingsen Superchilling — Innovative processing of fresh food, European Commission and Technical University of Sofia, 2005. — P. 232–235.

4. Головкин Н.А. Консервирование продуктов животного происхождения при субкриоскопических температурах / Н.А. Головкин, Г.В. Маслова, И.Р. Скоморовская. — М.: Агропромиздат, 1987. — С. 272.

5. Kaale L.D. Superchilling of food: a review / L.D. Kaale, T.M. Eikevik, Rustad [et. al.] // J. Food Eng. — 2011. — № 2. — P. 141–146.

6. Farouk M.M. The initial freezing point temperature of beef rises with the rise in pH: A short communication / M.M. Farouk, R.M. Kemp, S. Cartwright, M. North // Meat science. — 2013. — Vol. 94. — № 1. — P. 121–124.

7. Дибирасулаев М.А. Влияние субкриоскопической температуры хранения на количество вымороженной воды в NOR и DFD говядине / М.А. Дибирасулаев, Г.А. Белозеров, Д.М. Дибирасулаев, Д.Е. Орловский // Теория и практика переработки мяса. — 2016. — № 2. — С. 18–25.

8. Дибирасулаев М.А. Влияние субкриоскопической температуры хранения на количество вымороженной воды в мясе крупного рогатого скота различных качественных групп / М.А. Дибирасулаев, Г.А. Белозеров, Д.М. Дибирасулаев, Д.Е. Орловский // Холодильная техника. — 2016. — № 7. — С. 53–57.

9. James C. The effect of salt concentration on the freezing point of meat simulants / C. James, I. Lejay, N. Tortosa, X. Aizpurua, S.J. James // International journal of refrigeration. — 2005. — Vol. 28. — № 6. — С. 933–939.

10. Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods. 4-th Edition. — Paris: International Institute of Refrigeration, 2006. — P. 218.

11. Рютов Д.Г. Влияние связанной воды на образование льда в пищевых продуктах при их замораживании / Д.Г. Рютов // Холодильная техника. — 1976. — № 5. — С. 32–37. □

Для контактов с авторами:

Дибирасулаев

Магомед Абдулмаликович

e-mail: dmama1942@gmail.com

Белозеров Георгий Автономович

Архинов Леонид Олегович

Дибирасулаев

Дибирасулаев Магомедович

Донецких Александр Геннадьевич